动 物 学 研 究 2002, Aug. 23 (4): 356~360
Zoological Research
CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853

简 报

温度对竹盲走螨实验种群数量消长的影响

刘 怀，赵志模，邓永学，何 林，王进军，吴仕源
(西南农业大学 农业部重庆市昆虫学及害虫控制工程重点实验室，重庆 400716)

摘要：在16、20、24、28和32 ℃5种恒温条件下以竹裂爪螨为食料对竹盲走螨（*Typhlodromus bambusae* Ehara）进行饲养，观察其生长发育各螨期的存活及成螨繁殖情况，进而组建竹盲走螨在5种恒温条件下实验种群的特定年龄生命表，并用Morris模型和Weibull频数分布函数探讨了温度对竹盲走螨实验种群数量变动的影响。结果表明，每雌平均产卵量在24 ℃时最大，为32.26粒，低于或高于24 ℃平均每雌产卵量均呈下降趋势。种群趋势指数（I）与温度（T）之间呈二次函数关系（$I=-98.7747+9.6914T-0.2033T^2$），理论上当温度为23.83 ℃时，种群趋势指数最大，繁殖一代后种群数量为上一代数量的16.74倍。通过Morris模型分析，表明每雌产卵量是影响该实验种群趋势指数的最重要因子。在试验温度范围内，竹盲走螨实验种群存活曲线均属Deevey Ⅰ型。

关键词：竹盲走螨；生命表；种群增长
中图分类号：Q959.226；Q968 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2002)04-0356-05

Effect of Temperature on Experimental Population Dynamics of *Typhlodromus bambusae* Ehara (Acari: Phytoseiidae)

LIU Huai, ZHAO Zhi-mo, DENG Yong-xue, HE Lin, WANG Jin-jun, WU Shi-yuan
(*Key Laboratory of Entomology and Pest Control Engineering of Agricultural Ministry and Chongqing, Southwest Agricultural University, Chongqing* 400716, *China*)

Abstract: The development, survivorship, fecundity and longevity of *Typhlodromus bambusae* Ehara fed on the spider mite of *Schizotetranychus bambusae* were observed at 16, 20, 24, 28, and 32 ℃, respectively. The age-specific life tables of experimental population in *T. bambusae* were established. The relationship between population dynamics and 5 constant temperatures was analyzed using Morris model and Weibull frequency distribution. The results indicated that the eggs laid per female varied greatly from 31.26 at 24 ℃ to 9.2 at 32 ℃. The relationship between population trend index (I) and temperature (T) could be simulated with equation: $I=98.7747+9.6914T-0.2033\ T^2$. Theoretically, I had the highest value (16.74) at 23.83 ℃. Based on analysis, the most important factor affecting I was average eggs per female. Within temperature range of 16-32 ℃, The population survival curve belongs to type of Deevey Ⅰ.

Key words: *Typhlodromus bambusae* Ehara; Life table; Population dynamics

竹裂爪螨（*Schizotetranychus bambusae* Reck）、南京裂爪螨（*S. nanjingensis* Ma *et* Yan）、食竹裂爪螨（*S. celarius* Bank）是危害竹类植物的重要害螨。其危害面广，危害种类多。自20世纪80年代以来，在我国闽（刘巧云等，2000；张艳璇，1998）、浙（余星华和石纪茂，1991）、川（刘怀等，2000）、鲁（孙绪艮等，1997）等省的主要毛竹产区严重危害。毛竹受其危害，轻则竹叶枯黄、脱落，竹冠稀疏；重则叶片大量焦枯脱落，出现秃梢、秃枝、秃株，进而毛竹成片枯死，影响自然景观。笔者在林间实际调查时发现，竹盲

收稿日期：2001-12-14；接受日期：2002-03-21
基金项目：四川省林业重点科研资助项目

走螨(*Typhlodromus bambusae* Ehara)是毛竹林捕食性天敌的优势种群之一，对毛竹害螨有较强的控制作用。Mori *et al*.(1999)、Saito(1990)曾经对其进行过研究。殷绥公等(1996)认为该螨为新纪录种。Saito(1990)、Zhang *et al*.(1999)和张艳璇等(2000)分别以食竹裂爪螨和南京裂爪螨为食料研究了温度对竹盲走螨实验种群生长发育和繁殖的影响，但未对其种群数量变动及其与温度的关系进行深入的研究与分析。本试验研究以毛竹害螨优势种竹裂爪螨为食料饲养竹盲走螨，系统观察了不同温度条件下竹盲走螨生长发育与繁殖情况，运用生命表技术探讨温度对竹盲走螨实验种群数量变动的影响，以期为利用竹盲走螨进行毛竹害螨的生物防治奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

竹盲走螨采自重庆北碚区缙云山毛竹林。在室温下用竹裂爪螨各螨态作为食料饲养竹盲走螨，把若干代后的走螨作为供试螨源。其饲养方法采用植物叶片支撑法（吴伟南等，1997)。

1.2 试验条件设置

试验设置16、20、24、28及32 ℃5种温度，采用LRH－250－G型光照培养箱（广东医疗器械厂）控制温度，温差变幅为±0.5 ℃，相对湿度维持在70%～80%，每天给予12 h光照。

1.3 试验处理

在直径为15 cm的培养皿内先铺吸满水的塑料泡沫，再铺一层吸水滤纸。取长13～15 cm，宽1 cm左右的毛竹叶片平铺于滤纸上，叶背朝上，用脱脂棉条压住叶片的叶尖、叶柄并围住叶片四周。然后移入竹裂爪螨雌成螨若干，在24 ℃条件下让其自然产卵2～3 d。保留3～5头雌成螨，移去多余雌成螨，使叶片上留有竹裂爪螨各种螨态(卵、幼螨、若螨以及成螨)，以此作为饲养竹盲走螨的饲养皿。试验时，从群集饲养的竹盲走螨中挑选若干头雌成螨于饲养皿的竹叶上，让其产卵，并每隔8 h检查1次，将8 h内所产卵视为同一时刻的初产卵，并将卵挑出，移入新饲养皿内的叶片上，每叶片只挑入1粒卵，然后移至某一设置温度的光照培养箱内。每温度处理的卵量为40～50粒。

1.4 观察记载及数据分析

从移入竹盲走螨卵时起，同样每隔8 h检查1次，观察记录各处理竹盲走螨的虫态变化、存活和死亡数、产卵量以及成螨寿命等。根据螨态的状况，于每次检查时及时补充若干竹裂爪螨的幼螨、若螨，保持每叶片上存有30～40头(粒)竹裂爪螨各螨态(主要以卵、幼螨和若螨为主)，以满足竹盲走螨充足的食物供给。并根据不同温度处理情况，每隔3～5 d更换1次饲养皿。观察记录直到竹盲走螨成螨死亡为止。所得数据用SPSS软件进行分析，组建实验种群生命表，分析种群趋势指数、种群存活曲线及其与温度的关系。

1.4.1 种群趋势指数分析 种群趋势指数(population trend index, I值)是反映种群数量动态的重要指标之一。为下代卵量与当代起始卵量之比，当$I>1$时，种群呈上升趋势；$I<1$时，呈下降趋势。为计算方便，在组建特定年龄生命表时将初始卵粒数换算为100粒。各发育阶段的死亡率和性比为观察值；每雌产卵量是由产卵量与温度抛物线模型求出的估测值；预计下代卵量(N_2)按赵志模和周新远(1984)的方法求得，即：$N_2=[(\text{繁殖雌螨数}\times 2)\times \text{平均每雌产卵量}]\div 2$。

为了解不同温度条件下竹盲走螨各螨期存活率、每雌产卵量对I值的影响，应用Morris-Watt(1963)模型进行分析。该模型有如下形式：$I=S_E\cdot S_L\cdot S_{PN}\cdot S_{DN}\cdot S_A\cdot F\cdot P_F\cdot P_♀$，其中$S_E$、$S_L$、$S_{PN}$、$S_{DN}$和$S_A$分别代表卵、幼螨、前若螨、后若螨以及雌成螨产卵前期的存活率，F为标准产卵量，P_F为实际产卵量占标准产卵量的百分率，$P_♀$为雌性比。

当从I值组分中抽出某一组分后，I值的增长倍数(M)为$M_{(si)}=I_{(si)}/I=1/S_i$或$M_{(PF)}=1/P_F$，由此可以用$M_{(si)}$、$M_{(PF)}$值估计各组分对种群数量的控制作用。其中$M_{(PF)}$的求得方法是，根据每雌平均产量与温度的回归关系，先求得理论上最适温度下的标准产卵量($F_{(0)}=33.7484$)，然后用各实验温度下的产卵量的回归估计值$F_{(i)}$和标准产量计算$P_F=F_{(i)}/F_{(0)}$值，即$M_{(PF)}=1/P_F$。

1.4.2 种群存活曲线分析 在一个生活周期内，种群的同龄个体随时间推移而减少的现象，可以用一条曲线来表示，这条曲线称为存活曲线。它可以用特定时间生殖力生命表中的存活率(l_x)与时间来绘制，因此又称为l_x曲线。为了客观判断种群存活曲线的类型，Pinder *et al*.(1978)提出用Weibull频数分布模型拟合动植物种群存活率与时间的关系，其模型为：

$$S_p(t) = \exp[-(t/b)^c]$$

式中 $S_p(t)$ 为特定年龄(或时间) t 时的存活率, b 为尺度参数, c 为形状参数。在该模型中,当 $c>1$ 时,表示特定年龄(时间)死亡率 $S_p(t)$ 是 t 的增量函数,即存活曲线为 Deevey Ⅰ型;当 $c=1$ 时,表示特定年龄(时间)死亡率 $S_p(t)$ 与 t 为线型关系,即存活曲线为 DeeveyⅡ型;当 $c<1$ 时,表示特定年龄(时间)死亡率 $S_p(t)$ 是 t 的减函数,即存活曲线为 DeeveyⅢ型。平均寿命(T)由尺度参数 b 和形状参数 c 共同决定,并可用 Γ 函数来计算,其函数关系式为: $T = b \times \Gamma(1+1/c)$。

2 结果与讨论

2.1 竹盲走螨繁殖力与温度关系的模拟

5种温度下竹盲走螨雌成螨的寿命(等于产卵前期、产卵期和产卵后期之和)、产卵期和每雌平均产卵量见表1。从表1可以看出,在相对湿度为70%~80%条件下,随着温度升高,竹盲走螨成螨寿命和产卵期均逐渐缩短。而每雌平均产卵量在20和24 ℃2种温度下较高,分别为30.86和31.26粒;28 ℃时次之,为28.35粒;32 ℃下最低,仅为9.2粒。但20、24和28 ℃3种温度下的产卵量差异不显著。温度(T)对竹盲走螨每雌平均产卵量(Y)影响的变化趋势可以用二次曲线拟合,拟合方程为: $Y = -171.6942 + 17.2732T - 0.03631T^2$ ($R = 0.9648$, $F_{(2,2)} = 36.3796$, $P = 0.026$)。

2.2 竹盲走螨特定年龄生命表组建与分析

根据不同温度下竹盲走螨各发育期的存活率以及成螨繁殖力资料,组建了5种恒温条件下的实验种群特定年龄生命表(表2)。由表2可以看出,在16~32 ℃条件下,竹盲走螨实验种群趋势指数先呈上升趋势,在24 ℃恒温时, I 值最高(16.0218),28 ℃时呈下降趋势,32 ℃时最低(3.4725)。在试验温度范围内,竹盲走螨实验种群的种群趋势指数(I)与温度(T)之间呈二次函数关系(图1),并可配合下述方程: $I = -98.7747 + 9.6914T - 0.2033T^2$ ($R^2 = 0.9840$, $P = 0.016$)。根据模型可以计算理论值,当温度为23.83 ℃时,种群趋势指数最大,繁殖一代后种群数量为上代数量的16.74倍。综合每雌产卵量与种群趋势指数,表明20~28℃有利于竹盲走螨实

表1 5种温度下竹盲走螨的繁殖力

Table 1 Fecundity of *Typhlodromus bambusae* at 5 temperatures (Mean ± *SE*)

温度 Temperature(℃)	雌成螨寿命 Female adult longevity(d)	产卵期 Oviposition stage(d)	平均产卵量 No.eggs laid per female
16	34.64 ± 5.60^{Aa}	17.38 ± 5.01^{Bb}	11.00 ± 5.10^{Bb}
20	31.54 ± 7.60^{Aa}	24.43 ± 6.33^{Aa}	30.86 ± 7.72^{Aa}
24	17.93 ± 5.38^{Bb}	14.37 ± 5.20^{BCbc}	31.26 ± 9.32^{Aa}
28	15.61 ± 4.13^{BCb}	12.10 ± 4.20^{Cc}	28.35 ± 10.40^{Aa}
32	10.76 ± 2.97^{Cc}	5.14 ± 2.28^{Dd}	9.20 ± 5.34^{Bb}

表中同列的大、小字母分别表示 Duncan's 检验达极显著或显著水平。

Values with different superscripts in the same line were significantly ($P<0.01$ or $P<0.05$).

表2 5种温度下竹盲走螨实验种群特定年龄生命表

Table 2 Age-specific life table of *Typhlodromus bambusae* at 5 temperatures

项目 Item	16 ℃	20 ℃	24 ℃	28 ℃	32 ℃
起始卵数 No.of eggs	100	100	100	100	100
卵期死亡率 Mortality of egg (%)	7.50	2.50	5.00	2.50	15.00
进入幼螨数 No.of larva	92.50	97.50	95.00	97.50	85.00
幼螨期死亡率 Mortality of larva (%)	5.41	0	2.64	5.13	5.88
进入前若螨数 No.of protonymph	87.50	97.50	92.36	92.50	80.00
前若螨期死亡率 Mortality of protonymph (%)	17.14	2.56	2.72	5.41	6.25
进入后若螨数 No.of deutonymph	72.50	95.00	90.00	87.50	75.00
后若螨期死亡率 Mortality of deutonymph (%)	3.45	2.63	2.78	2.86	10.00
世代存活率 Generation survival rate (%)	70.00	92.50	87.50	85.00	67.50
雌性比 Rate of female (%)	57.14	59.46	54.29	61.76	62.96
产卵前死亡率 Mortality of pre-oviposition (%)	19.87	4.55	0	9.52	11.76
繁殖雌螨数×2 No.of laid female×2	64.10	105.00	95.00	95.00	75.00
每雌产卵量 Eggs laid per female	11.73	28.54	33.73	27.31	9.26
预计下一代卵量 Eggs of next generation	375.95	1498.35	1602.18	1297.23	347.25
种群趋势指数 Population trend index (I)	3.7595	14.9835	16.0218	12.9723	3.4825

表 3 5种温度条件下竹盲走螨 *I* 值组分

Table 3 Analysis of *I* value components of *Typhlodromus bambusae* at 5 temperatures

温度 Temp.(℃)	$M_{(se)}$	$M_{(si)}$	$M_{(SPN)}$	$M_{(SDN)}$	$M_{(SA)}$	$M_{(PF)}$
16	1.0811	1.0572	1.2069	1.0357	1.2326	2.8771
20	1.0256	1.00	1.0263	1.0270	1.0477	1.1825
24	1.0526	1.0271	1.0277	1.0284	1.0000	1.0005
28	1.0256	1.0541	1.0572	1.0294	1.1052	1.2360
32	1.1765	1.0623	1.0667	1.1111	1.1333	3.6445

表 4 5种恒温条件下竹盲走螨实验种群存活曲线 Weibull 模型参数值

Table 4 Weibull Frequency distribution parameters of survivorship carve *Typhlodromus bambusae* 5 temperatures

项目	16 ℃	20 ℃	24 ℃	28 ℃	32 ℃
b	47.7316	44.7911	23.3211	21.2128	13.7551
c	1.1402	3.6344	3.1551	3.2076	1.6293
R^2	0.8356	0.9674	0.9501	0.9282	0.9199

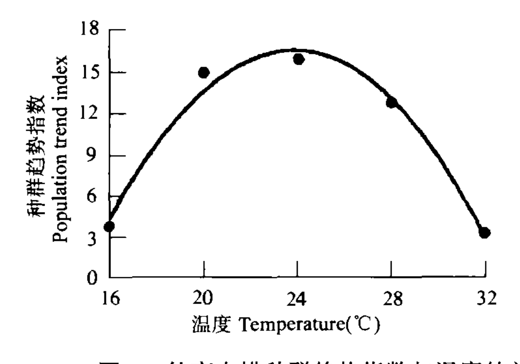


图 1 竹盲走螨种群趋势指数与温度的关系

Fig.1 The relationship between population trend index of *Typhlodromus bambusae* and temperature

验种群数量增长。

除雌性比在各温度之间无显著差异而未进行 *I* 值组分分析外，其余组分对 *I* 值的影响见表 3。结果表明，温度通过影响竹盲走螨生长发育各个阶段的存活率和每雌平均产卵量，使实验种群数量发生变化。其中在 16 和 32 ℃时，每雌产卵量对 *I* 值的影响最为显著，$M_{(PF)}$分别为 2.8711 和 3.6445，即由于这 2 组恒温条件下每雌平均产卵量的作用可分别使竹盲走螨种群趋势指数增加1.8711倍和2.6445倍。其余各组分在 16 ~ 32 ℃条件下对 *I* 值的影响均不显著，$M_{(si)}$或 $M_{(PF)}$值在 1.0 ~ 1.24。

2.3 种群的存活曲线与温度的关系

用5种恒温下竹盲走螨的逐日累计存活率，拟合 Weibull 存活率模型，其 *b*、*c* 参数值列于表 4。由表4可见，5种不同温度下竹盲走螨存活曲线的 *c* 值均大于 1，表明其 l_x 曲线均属 Deevey Ⅰ型，即死亡率是年龄的增函数。在实验温度范围内，竹盲走螨实验种群大多数个体均能实现其平均寿命，这与特定年龄生命表中的世代存活率在 16 ~ 32 ℃条件下均能达到 67.5% ~ 92.5%的结果一致。也说明适宜竹盲走螨生长发育的温度范围较广。从表 5 中还可以看出，在 16 ℃时，*c* 值为 1.1402，接近于 1，表明各个单位时间内的死亡率约相等，其存活曲线的类型更接近于 Deevey Ⅱ；32 ℃时，*c* 值亦为 1.6293。表明较低、较高温度均对竹盲走螨实验种群的存活有不利影响。根据 *Γ* 函数计算出竹盲走螨在 16、20、24、28、32 ℃条件下的寿命分别为 45.5870、40.3442、20.8640、19.0067 和 12.3064 d，这与实际观察结果也基本一致。

参考文献：

Liu H, Zhao Z M, Ding W, *et al*. 2000. Biology of *Schizotetranychus bambusae* Reck and population dynamics of the spider mites on the bamboo of *Phylostachys pubescens* Mazel in Changning bamboo area [J]. *Journal of Cichuan Forestry Science and Technology*, **21**(3): 1-4. [刘 怀，赵志模，丁 伟. 2000. 长宁竹区竹裂爪螨生物学及毛竹害螨消长动态研究. 四川林业科技，**21**(3): 1-4.]

Liu Q Y, Zhang Y X, Chai Q J, *et al*. 2000. Occurrence and integrated control of harmful mite in bamboo in Fujian Province[J]. *Forest Pest and Disease*, 3: 38-40. [刘巧云，张艳璇，蔡秋锦，等. 2000. 福建省毛竹害螨发生情况与综合治理. 森林病虫通讯，(3): 38-40.]

Pinder J E, Winer J G, Smith M H. 1978. The Weibull distribution: A new method of summarizing survivorship data[J]. *Ecology*, **59**(1): 175-179.

Saito Y. 1990. Life history and feeding habit of *T. bambusae*, a specific predator of *S. celarius* (Acari: Phytoseiidae; Tetranychidae)[J]. *Ex-*

perimental and Applied Acarology, 10(1): 45-52.

Sun X G, Zhou C G, Liu Y M, et al. 1997. A preliminary study on the bionomics of Schizotetranychus bambusae Reck[J]. Scientia Silvae Sinicae, 33(3): 273-278. [孙绪艮, 周成刚, 刘玉美, 等. 1997. 竹裂爪螨生物学特性的初步研究. 林业科学, 33(3): 273-278.]

Wu W N, Liang L R, Lan W M. 1997. Economic Insect Fauna of China. Fasc. 53. Acari: Phytoseiidae[M]. Beijing: Science Press. 1-200. [吴伟南, 梁来荣, 蓝文明. 1997. 中国经济昆虫志·第53册·蜱螨亚纲·植绥螨科. 北京: 科学出版社. 1-200.]

Yin S G, Yu H X, Shi J M, et al. 1996. A new species and a new record of the family Phytoseiidae from Bamboo in Zhejiang Province, China (Acari: Phytoseiidae)[J]. Acta Zootaxnomica Sinica, 21(1): 58-61. [殷绥公, 余华星, 石纪茂, 等. 1996. 浙江省毛竹植绥螨1新种及1新记录(蜱螨亚纲: 植绥螨科). 动物分类学报, 21(1): 58-61.]

Yu H X, Shi J M. 1991. Study on Schizotetranychus nanjingensis Ma et Yan[J]. Journal of Bamboo Research, 10(2): 61-67. [余华星, 石纪茂. 1991. 南京裂爪螨的研究. 竹研究汇刊, 10(2): 61-67.]

Zhang Y X, Liu Q Y, Lin J Z, et al. 1998. Influence on the physiology and biochemistry of bamboo damage by the Schizotetranychus nanjingensis Ma et Yan[J]. Entomological Journal of East China, 7(1): 61-64. [张艳璇, 刘巧云, 林坚贞, 等. 1998. 南京裂爪螨危害对毛竹生理生化的影响研究. 华东昆虫学报, 7(1): 61-64.]

Zhang Y X, Zhang Z Q, Liu Q Y, et al. 1999. Biology of Typhlodromus bambusae (Acari: Phytoseiidae), a predator of Schizotetranychus nanjinqensis (Acari: Tetranychidae) injurious to bamboo in Fujian, China[J]. Systematic and Applied Acarology, 4: 57-62.

Zhang Y X, Lin J Z, Liu Q Y, et al. 2000. Study on the ecology of Typhlodromus bambusae (Acari: Phytoseiidae), an important natural enemy of mites in bamboo forest[J]. Natural Enemies of Insects, 22(2): 54-58. [张艳璇, 林坚贞, 刘巧云, 等. 2000. 毛竹叶螨的重要天敌竹盲走螨生态学研究. 昆虫天敌, 22(2): 54-58.]

Zhao Z M, Zhuo X Y. 1984. Introduction to Ecology[M]. Chongqing: Scientific and Technical Documentation Press, Chongqing Branch. 53-65. [赵志模, 周新远. 1984. 生态学引论. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社. 53-65.]